پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۱۷۷-۱۶۳
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 163-177 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.69340

تأثیر محلول‌پاشی اسپرمین و اسپرمیدین بر رشد و برخی صفات فیزیولوژیکی نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تنش شوری

علی آشوری[۱*]، منوچهر قلی‌پور[۲] و مصطفی حیدری[۲]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود
(به‌ترتیب، manouchehr.gholipoor@gmail.com و haydari2005@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۲۴

چکیده

پلی‌آمین‌ها، پلی‌کاتیون‌های آلی با وزن مولکولی کمی هستند که در فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی گیاه ازجمله مقاومت در برابر تنش‌ها مؤثر می‌باشند. به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی پلی‌آمین‌های اسپرمین و اسپرمیدین بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود در شرایط تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزارع خارتوران شاهرود با شوری ۵/۷دسی‌زیمنس بر متر در سال۱۳۹۵ اجرا گردید. محلول‌پاشی اسپرمین در سه سطح (صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار) و اسپرمیدین در سه سطح (صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار) در سه مرحله چهاربرگی، گلدهی و پرشدن غلاف‌ها انجام شد. صفات مختلفی از جمله محتوای نسبی آب برگ، شاخص پایداری غشاء، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پلی‌فنل اکسیداز و گایاکول پراکسیداز، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در هر بوته، تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر غلاف و عملکرد دانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی اسپرمین با غلظت ۰/۵۰میلی‌مولار منجر به افزایش شاخص پایداری غشاء (۱۵درصد) و ارتفاع بوته (۲۳درصد) در گیاهان تحت تنش شوری نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی شد. همچنین کاربرد غلظت ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین موجب افزایش شاخص پایداری غشاء (۱۷درصد)، ارتفاع بوته (۳۱درصد)، تعداد شاخه (۵۲درصد)، تعداد غلاف در هر بوته (۲۷درصد)، وزن۱۰۰دانه (۱۶درصد) و عملکرد دانه (۱۵درصد) در مقایسه با تیمار بدون محلول‌پاشی گردید؛ درحالی‌که تیمارهای ترکیبی اسپرمین و اسپرمیدین تنها بر شاخص‌های محتوای نسبی آب برگ و فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنول اکسیداز، کاتالاز و گایاکول پراکسیداز تأثیرگذار بود. براساس نتایج، محلول‌پاشی تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌داری بر وزن غلاف، وزن دانه و تعداد دانه در غلاف نداشتند. در مجموع محلول‌پاشی اسپرمیدین در کاهش اثر سوء تنش شوری مؤثرتر از اسپرمین بود. همچنین کاربرد غلظت ۰/۵۰میلی‌مولار هر دو پلی‌آمین مؤثرتر از غلظت ۰/۲۵میلی‌مولار بود.

واژه‌های کلیدی: پایداری غشاء، پلی‌آمین، پلی‌فنول اکسیداز، عملکرد دانه، کاتالاز

مقدمه

حبوبات یکی از اصلی‌ترین منابع پروتئینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان و دارای اهمیت زیادی در اقتصاد کشاورزی این مناطق می‌باشند (Tuba Bicer *et al*., 2004). افزایش جمعیت جهان، دستیابی همه افراد به تغذیه کافی و مطلوب را دچار مشکل ساخته است، به‌طوری‌که بر اساس گزارش‌های موجود، بیش از ۲۰درصد مردم از سوءتغذیه رنج می‌برند. از این‌رو مشکل کمبود مواد پروتئینی در اغلب کشورها نقش تولید و مصرف حبوبات را به‌دلیل داشتن میزان بالای پروتئین، بیش از پیش پررنگ‌تر کرده است (Majnoon Hosseni, 2008). نخود زراعی با نام علمی *Cicer arietinum* L. گیاهی یک‌ساله، خودگرده‌افشان و دیپلوئید می‌باشد که پس از لوبیا به‌عنوان دومین لگوم به‌طور وسیع در سرتاسر جهان مورد کشت‌وکار قرار می‌گیرد (Malhotra & Sexana, 2002; Varshney *et al*., 2013). ایران از نظر سطح زیرکشت پس از هندوستان و پاکستان، بیشترین سطح زیرکشت نخود را دارا می‌باشد، درحالی‌که از نظر میزان عملکرد در هکتار در جایگاه ۵۱اُم قرار دارد (FAO, 2014). با وجود سازگاری بالای نخود به شرایط اقلیمی مختلف، کاشت نخود در اقلیم‌های نیمه‌خشک و خاک‌هایی با کیفیت کشاورزی کم، موجب کاهش عملکرد این گیاه به کمتر از یک تن در هکتار گردیده است که به‌طور قابل‌توجهی کمتر از پتانسیل تولیدی آن می‌باشد (Varshney *et al*., 2013).

* نویسنده مسئول: aliashori1476@gmail.com

شوری یکی از تنش‌های مهم غیرزیستی بوده که تولید محصولات کشاورزی را در بیشتر مناطق به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک با محدودیت روبرو کرده است (Chinnusamy *et al.*, 2005). از جمله اثرات تنش شوری می‌توان به تنش اسمزی، سمیت یونی، تنش اکسیداتیو، به‌هم‌ریختگی غشاء و همچنین کاهش تقسیم و رشد سلول اشاره کرد که نهایتاً موجب ایجاد خسارت و کاهش رشد و نمو گیاهان می‌شود (Zhu, 2007). تنش شوری سبب کاهش عملکرد و کیفیت محصول نخود حتی در ارقام متحمل به شوری می‌شود (Asha Dhingra, 2007). همچنین تنش شوری موجب کاهش و تأخیر در جوانه‌زنی، کاهش رشد رویشی گیاه، تأخیر در گلدهی و کاهش تعداد گل‌ها و غلاف‌های حاوی بذر می‌شود (Welfare *et al.*, 2002). تنش شوری باعث کاهش ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، سطح سبز برگ، درصد ماده خشک و شاخص پایداری غشاء در ۱۱ژنوتیپ نخود در شرایط هیدروپونیک شده است (Zare Mehrjerdi *et al.*, 2011). هرچند بیان شده که واریته‌های نخود توانایی تحمل هدایت الکتریکی بالاتر از شش‌دسی‌زیمنس بر متر را ندارند (Dua, 1992)، اما در بررسی تحمل به شوری برخی ژنوتیپ‌های نخود تیپ کابلی در مرحله رشد رویشی مشخص شد که تا سطح شوری ۶/۵دسی‌زیمنس بر متر را تحمل می‌کند (Pouresmael *et al.*, 2014).

پلی‌آمین‌ها، پلی‌کاتیون‌های آلی با وزن مولکولی کمی هستند که در اسیدیته فیزیولوژیکی، قادر به واکنش با پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدهای غشاء و اجزای دیواره سلولی می‌باشند و از این طریق این مولکول‌ها را فعال کرده یا استحکام می‌بخشند (Gupta & Huang, 2014). تنش‌ها از طریق تأثیرگذاری بر آنزیم‌های مسیر بیوسنتز پلی‌آمین‌ها به نوعی غلظت پلی‌آمین‌ها را در سلول‌های گیاهی کنترل می‌کنند (Bouchereau *et al.*, 1999). ترکیبات پلی‌آمینی علاوه بر توانایی حذف مستقیم رادیکال‌های آزاد و ثبات‌بخشیدن به غشاء، بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز تأثیرگذار هستند (Niakan *et al.*, 2011). پلی‌آمین‌ها همچنین از غشاهای تیلاکوئیدها در برابر تأثیرات مخرب تنش شوری ازجمله کاهش پراکسیداسیون لیپیدی غشاء حفاظت می‌کنند (Shu *et al.*, 2013). در سال‌های اخیر توجه فراوانی به استفاده خارجی پلی‌آمین‌ها جهت افزایش تحمل به تنش شوری شده است. تأثیر مثبت ترکیبات پلی‌آمینی در کاهش اثرات تنش شوری در گیاهان مختلف از جمله نخود (Sheokand *et al.*, 2008)، لوبیا مانگ[۱] (Nahar *et al.*, 2016)، گندم[۲] (Niakan *et al.*, 2011)، سورگوم[۳] (Chai *et al.*, 2010) و برنج[۴] (Saleethong *et al.*, 2011) گزارش شده است. تأثیر کاربرد پوتریسین و نیتریک اکسید بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان نخود تحت تنش شوری مورد بررسی قرار گرفته و بیان شده که پوتریسین سبب افزایش محتوای نسبی آب، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و همچنین بهبود اثرات منفی شوری بر پراکسیداسیون لیپیدها و نشت الکترولیت شده است (Sheokand *et al.*, 2008). همچنین کاربرد خارجی اسپرمین تحت شرایط تنش شوری از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز موجب کاهش سطوح مالون دی‌آلدهید و آنیون سوپراکسید در کلروپلاست‌های تنش دیده گردید (Shu *et al.*, 2013). با توجه به سطح قابل‌توجه کشت نخود در ایران (۴۶۲/۷هزارهکتار)، شورشدن تدریجی خاک‌ها، حساسیت این گیاه به تنش شوری و کاهش میزان عملکرد این محصول در اثر تنش شوری، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی پلی‌آمین‌های اسپرمین و اسپرمیدین بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود تحت تنش شوری انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش اثر سطوح مختلف اسپرمیدین (صفر: پاشش آب شرب، ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار) و اسپرمین (صفر: پاشش آب شرب، ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار) بر میزان عملکرد و اجزای عملکرد نخود رقم کرج تحت تنش شوری (آب آبیاری و خاک) در سال۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در مزارع خارتوران واقع در مرکز جهاد کشاورزی خارتوران شهرستان شاهرود با عرض جغرافیایی ۳۵درجه و ۳۵دقیقه و ۴۷ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶درجه و ۴۶دقیقه و ۲۸ثانیه شرقی و ارتفاع ۱۱۷۱متر از سطح دریا انجام پذیرفت. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار (هر تکرار شامل یک کرت) انجام پذیرفت. قبل از آماده‌سازی زمین، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا ۳۰سانتی‌متری و آب مزرعه مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول‌های ۱ و ۲).

---

[۱] Mung bean *(Vigna radiata L.)*

[۲] *Triticum aestivum* L.

[۳] *Sorghum bicolor* L.

[۴] *Oryza sativa*

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی
Table 1. Physicochemical soil properties of experimental field

هدایت الکتریکی Ec (ds/m)	اسیدیته pH	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N %	کربن آلی C.O %	سیلیت Silt %	شن Sand%	رس Clay%	عمق (سانتی‌متر) Deep (cm)
5.70	7.5	204	28	0.18	1.80	58	28	14	0-30

به‌منظور تقویت وضعیت تغذیه‌ای خاک مزرعه، از کودهای شیمیایی اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم بـه‌ترتیـب به‌عنوان منبع عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم اسـتفاده گردیـد. همزمان با کاشت بذور، کودهای فسفره و پتاسه به‌صورت نواری به خاک اضافه گردید. نیمی از کود اوره در هنگام کاشت و نـیم دیگر در مرحلهٔ گلدهی نخود اعمال گردید.

جدول ۲- خصوصیات آب آبیاری
Table 2. Water properties of irrigation

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Ec (ds/m)	اسیدیته pH	سولفات (میلی اکی والان در لیتر) SO_4^{-2} (meq/L)	بی‌کربنات (میلی اکی والان در لیتر) HO_3^- (meq/L)	کلر (میلی اکی والان در لیتر) Cl (meq/L)	کلسیم+منیزیم (میلی اکی والان در لیتر) Ca+Mg (meq/L)	سدیم (میلی اکی والان در لیتر) Na (meq/L)
4.20	7.6	19.4	2.25	22.32	8.72	35.5

در هر کرت، بذور نخود در شش ردیف بر روی پشته‌هـایی به فاصله ۳۰سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۲سانتی‌متر (تـراکم ۲۵بوته در مترمربع) در عمق پنج تا شِش سـانتی‌متـری کشـت شدند. محلول‌پاشی پلی‌آمـین‌هـای اسـپرمین و اسـپرمیدین بـا استفاده از سمپاش پشـتی در مراحـل چهـار برگـی، گلـدهی و پُرشدن غلاف‌ها انجام پذیرفت. به‌منظور انـدازه‌گیـری محتـوای نسبی آب برگ، از برگ‌های انتهایی و جوان گیاه نمونـه‌بـرداری شد و با استفاده از روش Ritchie *et al*, (1990) این شـاخص اندازه‌گیری شد. شاخص پایداری غشاء، پس از اندازه‌گیری نشت اولیه و ثانویه با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (Sairam *et al*., 2002):

۱۰۰× (نشت ثانویه /نشت اولیه-۱)=شاخص پایداری غشاء

جهـت سـنجش فعالیـت آنـزیم‌هـای کاتـالاز، گایـاکول پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز، اسـتخراج عصـاره بـا اسـتفاده از روش Kar & Mishra (1976) انجام پـذیرفت. بـدین‌منظـور، ابتدا مقدار ۰/۰۵ گرم از بافت تر گیـاهی بـا دومیلـی‌لیتـر بـافر فسفات ۰/۱مولار (با pH =۶/۸) در هاون چینـی سـرد همـوژن گردید. سپس عمل سانتریفیوژ به‌مـدت ۱۵دقیقـه و بـا سـرعت ۱۰۰۰۰دور در دقیقه (در دمای چهار درجه سانتی‌گـراد) انجـام پذیرفت. در نهایت از فاز شفاف رویی برای اندازه‌گیـری فعالیـت آنزیمی استفاده گردید. جهت اندازه‌گیری فعالیت آنـزیم کاتـالاز از روش Chance & Maehly (1955) همـراه بـا تغییراتـی استفاده شد. بدین‌منظور محلـول واکـنش جهـت انـدازه‌گیـری فعالیت آنزیم کاتالاز در حجم سه‌میلی‌لیتر شامل ۲/۸میلی‌لیتـر بافر فسفات ۵۰میلـی‌مـولار بـا pH = ۶/۸، ۱۰۰میکـرولیتـر آب اکسیژنه ۰/۴۵مولار و عصاره آنزیمی به میزان۵۰میکرولیتر بود. فعالیت آنزیمی با اضافه‌کردن آب‌اکسـیژنه بـه مخلـوط واکـنش شروع شد. کاهش میزان جذب نور در طول موج ۲۴۰نانومتر بـا استفاده از دستگاه اسـپکتروفتومتر (مـدل UV2160) در یـک دقیقه اول بعد از افزودن آب‌اکسیژنه قرائت گردیـد. در نهایـت فعالیت آنـزیم کاتـالاز براسـاس ضـریب خاموشـی (ε) برابـر بـا ۴۰میلی‌مولار بر سانتی‌متـر در دقیقـه بـه ازای یـک‌میلـی‌گـرم پروتئین بیان گردید. سنجش فعالیت آنزیم پلی‌فنـول اکسـیداز براسـاس روش Kar & Mishra (1976) همـراه بـا تغییراتـی انجام شد. همچنین به‌منظور سـنجش فعالیـت آنـزیم گایـاکول پراکسـیداز از روش Chance & Maehly (1955) همـراه بـا تغییراتی استفاده گردید. اندازه‌گیری ارتفاع بوته و تعداد شـاخه در هر بوته، در زمان رسیدگی، در۱۰بوته از هر تکرار بـه‌صـورت تصادفی انجام پذیرفت. جهت تعیین میانگین تعداد غلاف در هر بوته و تعداد دانه در هر غلاف، در زمان رسـیدگی از هـر تکـرار به‌ترتیب۱۰ و ۲۰بوته به‌صورت تصـادفی (بـا درنظرگـرفتن اثـر حاشیه) برداشـت گردیـد و ایـن شـاخص‌هـا انـدازه‌گیـری شـد (Vaziri Kateshori *et al*., 2013). همچنین عملکرد دانه از طریـق تـوزین دانـه‌هـا تعیـین گردیـد (Zafaranieh, 2015). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افـزارSAS نسـخه۹/۳ و

مقایسه میانگین‌ها داده‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج‌درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

براساس نتایج، اثر اسپرمیدین و اسپرمین و اثر متقابل اسپرمیدین و اسپرمین بر محتوای نسبی آب برگ تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۳). به‌طور کلی محلول‌پاشی تیمارهای مختلف سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ نخود تحت شرایط تنش شوری گردید. در بین تیمارهای مختلف، بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ در نتیجه تیمار ترکیبی ۰/۲۵میلی‌مولار اسپرمین+۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین حاصل گردید که اختلاف معنی‌داری را با بقیه تیمارها (به جز تیمار ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمین+۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین) نشان داد. همچنین کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ مربوط به شاهد بود (شکل ۱).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات محلول‌پاشی اسپرمین و اسپرمیدین بر برخی صفات نخود تحت شرایط تنش شوری

Table 3. Analysis of variance the effects of foliar spray of spermine and spermidine on some attributes of chickpea under salt stress conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares محتوای نسبی آب برگ Relative water content	پایداری غشاء Membrane stability	پلی‌فنول اکسیداز Polyphenol oxidase	کاتالاز Catalase	گایاکول پراکسیداز Guaiacol peroxidase
تکرار Replication	2	18.34^ns^	47.63^ns^	0.002^ns^	0.0003^ns^	0.000007^ns^
اسپرمین Spermine (S)	2	563.95**	109.45*	0.12**	0.01**	0.027**
اسپرمیدین Spermidine (Sp)	2	528.17**	123.74*	0.09**	0.02**	0.006**
اسپرمین× اسپرمیدین S× Sp	4	77.8*	18.35^ns^	0.02**	0.006**	0.004**
خطا Error	16	19.41	22.21	0.004	0.0006	0.00004

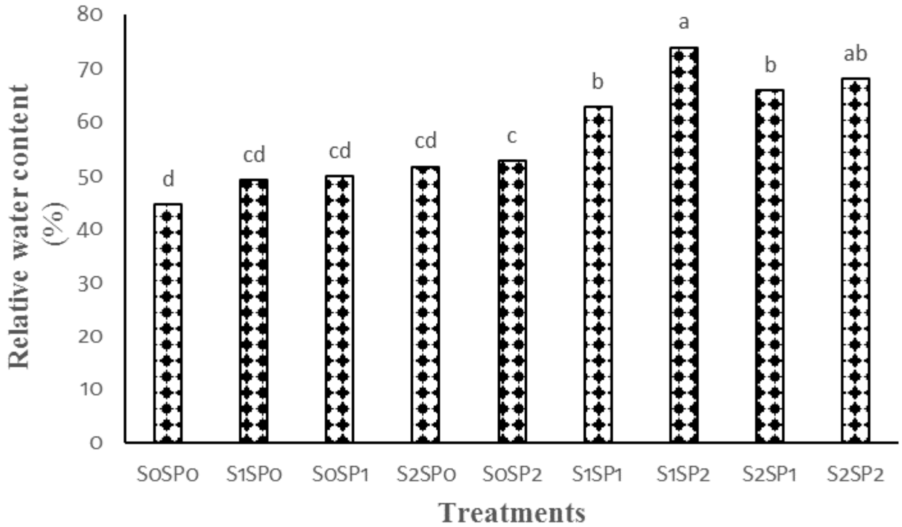
ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

ns, * and **: Non significant, significant at the 0.05 and 0.01 level, respectively

کاهش محتوای نسبی آب در گیاهان نخود (Ganjeali *et al.*, 2015) و خیار[۱] (Duan *et al.*, 2008) درنتیجه تنش شوری گزارش شده است. کاهش میزان محتوای آب نسبی تحت شرایط تنش شوری ممکن است به‌دلیل کاهش مقدار جذب آب باشد (Saffari *et al.*, 2012). افزایش تجمع یون‌ها به‌ویژه سدیم و کلر می‌تواند در کاهش میزان آب نسبی مؤثر باشد (Munns & Tester, 2008). کاهش پتانسیل اسمزی شیره سلولی سبب افزایش تمایل گیاه به جذب آب می‌شود و این موضوع در گیاه گندم به تجمع یون پتاسیم نسبت داده شده است. به‌دلیل این‌که در اثر تنش شوری یون سدیم جایگزین پتاسیم می‌شود، این امر سبب اختلال در حفظ پتانسیل اسمزی منفی و جذب آب می‌شود (Morgan, 1992; Saffari *et al.*, 2012).

افزایش سنتز و تجمع اسمولیت‌ها یکی از سازوکارهایی است که گیاهان به‌منظور کاهش اثر تنش خشکی فیزیولوژیکی تحت شرایط تنش شوری و تداوم جذب آب به‌کار می‌برند. در این مورد می‌توان به تجمع اسمولیت‌هایی با وزن مولکولی کم، ازجمله پرولین، گلیسین بتائین و به‌ویژه پلی‌آمین‌ها اشاره کرد (Rhodes *et al.*, 2004). کاربرد اسپرمیدین موجب افزایش محتوای نسبی آب در گیاهان خیار تحت شرایط تنش شوری در مقایسه با گیاهان تحت تنش شوری بدون کاربرد خارجی اسپرمیدین گردیده است (Duan *et al.*, 2008). این احتمال وجود دارد که کاربرد پلی‌آمین‌ها به‌عنوان یکی از اسمولیت‌های سازگار از طریق کاهش تنش اسمزی و تداوم‌بخشیدن به جذب آب (Rhodes *et al.*, 2004) سبب ممانعت از کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش شده باشد.

[۱] *Cucumis sativus*



شکل ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین و اسپرمین بر محتوای نسبی آب نخود

S و SP به‌ترتیب بیانگر اسپرمین و اسپرمیدین و ۰، ۱ و ۲ به‌ترتیب غلظت‌های ۰، ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار از تیمارهای اسپرمیدین یا اسپرمین می‌باشد.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری (p<۰/۰۵) با هم ندارند.

Fig. 1. Effect of different concentrations of spermidine and spermine on relative water content of chickpea

S and SP refer to spermine and spermidine, respectively; and 0, 1 and 2 are concentrations of 0, 0.25 and 0.50 mM of spermidine or spermine, respectively. Means with at least one similar letter are not significantly different (p<0.05) using Duncan's Multiple Range Test.

محلول‌پاشی اسپرمیدین و اسپرمین به‌طور معنی‌داری شاخص پایداری غشاء را تحت تأثیر قرار دادند. این در حالی بود که اثر متقابل اسپرمیدین و اسپرمین بر شاخص پایداری غشاء تأثیرگذار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد هر دو پلی‌آمین اسپرمیدین و اسپرمین به تنهایی تأثیر مثبتی در حفظ پایداری غشاء داشت. غلظت ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین و اسپرمین به‌ترتیب منجر به افزایش ۱/۱۶ و ۱/۱۴ برابری شاخص پایداری غشاء نسبت به شاهد گردید (جدول ۵). کاهش پایداری غشاء و به‌دنبال آن نشت یونی، یکی از اثرات منفی تنش‌های مختلف بر گیاهان می‌باشد. تنش شوری موجب افزایش میزان نشت یونی در برخی ارقام آفتابگردان[1] شده است (Saffari *et al.*, 2012). Zare Mehrjerdi *et al*, (2011) با بررسی تنش شوری در سطوح صفر، ۸ و ۱۲دسی‌زیمنس بر متر در محیط هیدروپونیک بر روی ۱۱ژنوتیپ نخود دریافتند که تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار شاخص پایداری غشاء در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گردید.

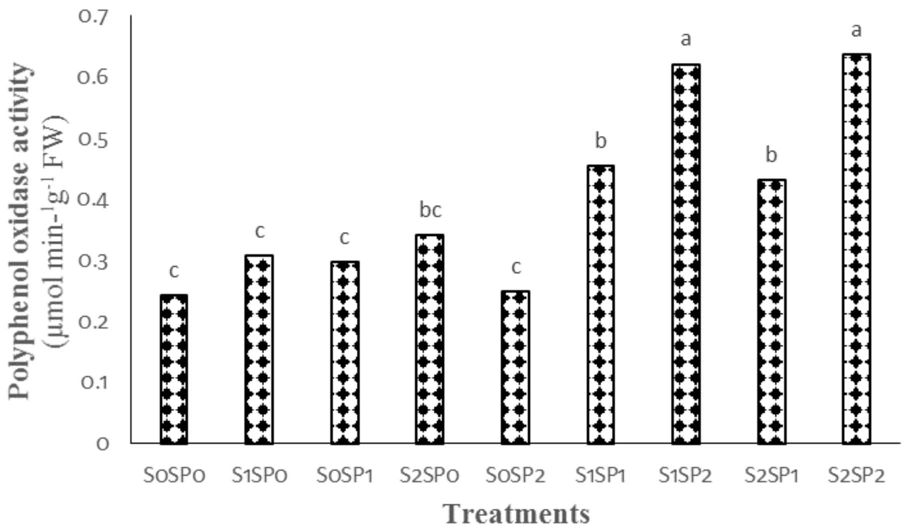
در مطالعه دیگری نیز Doraki *et al*, (2016) با بررسی سطوح مختلف شوری (۱، ۳، ۵، ۷ و ۹دسی‌زیمنس بر متر) بر صفات فیزیولوژیک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نخود رقم آزاد بیان کردند که در تمام سطوح شوری میزان نشت الکترولیت‌ها در نخود افزایش یافت، به‌طوری‌که شوری ۹دسی زیمنس بر متر باعث افزایش ۲۸درصدی نشت الکترولیت‌ها نسبت به شاهد شد. نشت الکترولیت‌ها در نخود با افزایش شوری به‌صورت خطی افزایش پیدا کرده است (Doraki *et al.*, 2016). از طرف دیگر نقش اسپرمیدین و اسپرمین در حفاظت از غشاها و ممانعت از نشت الکترولیت‌ها در طی تنش شوری در گیاه جو[2] گزارش شده است (Liu *et al.*, 2006). همچنین کاربرد خارجی اسپرمیدین از طریق استحکام‌بخشیدن به غشاء، جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد و حفظ نسبت پتاسیم به سدیم سبب بهبود وضعیت گیاهان برنج تحت تنش شوری شده است (Saleethong *et al.*, 2011). علاوه بر این، کاربرد اسپرمیدین در محلول غذایی شور موجب کاهش صدمه غشایی ناشی از شوری در رقم حساس به شوری خیار گردید (Duan *et al.*, 2008). پلی‌آمین‌ها به‌دلیل دارابودن خاصیت پلی‌کاتیونی از طریق بر همکنش با بارهای منفی فسفولیپیدهای موجود در بین دو لایه لیپیدی یا سایر ماکرومولکول‌های آنیونی از جمله اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌ها می‌توانند موجب ثبات بیولوژی غشاء و ساختارهای

[1] *Helianthus annuus* L.

[2] *Hordeum vulgare*

ماکرومولکولی سلول‌ها شوند (Bouchereau *et al*., 1999; Alcázar *et al*., 2006).

فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنول اکسیداز، کاتلاز و آنزیم گایاکول پراکسیداز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی اسپرمیدین و اسپرمین و همچنین اثر متقابل اسپرمیدین و اسپرمین قرار گرفت (جدول ۳). محلول‌پاشی با سطوح بالای هر دو پلی‌آمین تأثیر مثبتی بر میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز داشت، به‌طوری‌که بیشترین میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز درنتیجه تیمارهای ترکیبی ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمین+۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین و ۰/۲۵میلی‌مولار اسپرمین+۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین به‌دست آمد که منجر به بروز اختلاف معنی‌دار با بقیه تیمارها گردید (شکل ۲).



شکل ۲- تأثیر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین و اسپرمین بر فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز نخود

S و SP به‌ترتیب بیانگر اسپرمین و اسپرمیدین و ۰، ۱ و ۲ به‌ترتیب غلظت‌های ۰، ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار از تیمارهای اسپرمیدین یا اسپرمین می‌باشد.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ($p<0/05$) با هم ندارند.

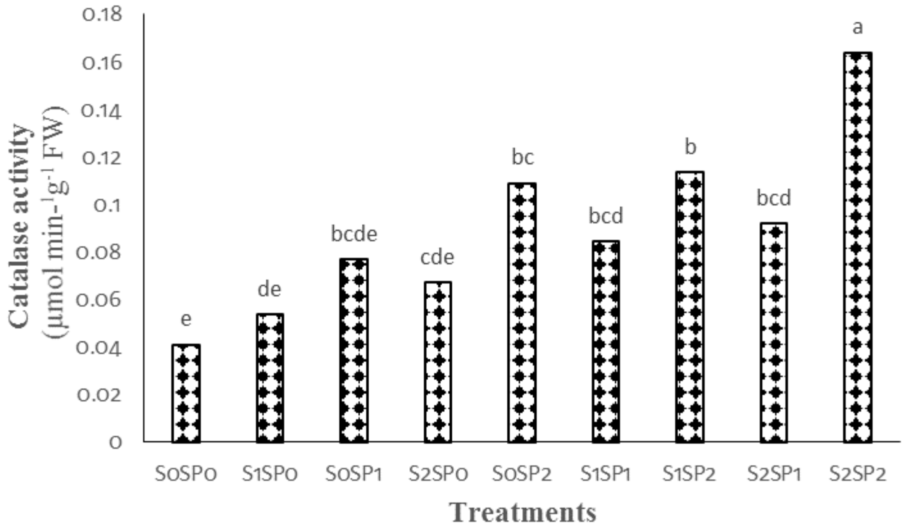
Fig. 2. Effect of different concentrations of spermidine and spermine on polyphenol oxidase activity of chickpea

S and SP refer to spermine and spermidine, respectively; and 0, 1 and 2 are concentrations of 0, 0.25 and 0.50 mM of spermidine or spermine, respectively. Means with at least one similar letter are not significantly different ($p<0.05$) using Duncan's Multiple Range Test.

نتایج همچنین نشان داد که محلول‌پاشی تیمارهای ترکیبی اسپرمین و اسپرمیدین سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز گردید. در بین تیمارهای مختلف، بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز مربوط به تیمار ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمین+۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را با بقیه تیمارها نشان داد. محلول‌پاشی ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمین+۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین سبب افزایش چهاربرابری در میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در مقایسه با شاهد گردید (شکل ۳).

تیمارهای ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمین+۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین، ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمین+۰/۲۵میلی‌مولار اسپرمیدین و ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمین سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز نسبت به شاهد گردید (شکل۴). افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز تحت شرایط تنش شوری در نخود گزارش شده است (Doraki *et al*., 2016). افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به گیاهان اجازه می‌دهد تا خود را در برابر تنش اکسیداتیو محافظت نمایند، به‌طوری‌که میزان افزایش فعالیت این آنزیم‌ها در ژنوتیپ‌های متحمل به مراتب بیشتر از ژنوتیپ‌های حساس گزارش شده است (Rasoolnia *et al*., 2012; Doraki *et al*., 2016).

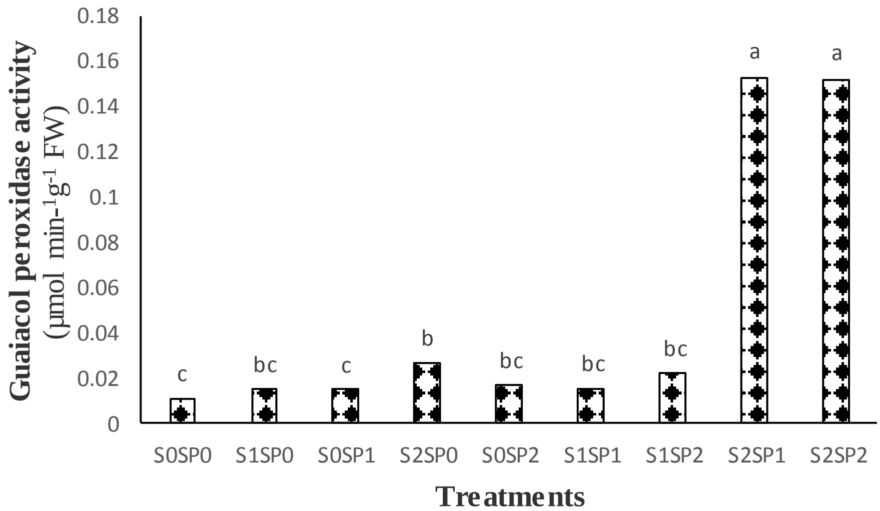
ترکیبات پلی‌آمینی نیز بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله آنزیم‌های پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز تأثیرگذار هستند (Niakan *et al*., 2011). نتایج مشاهده‌شده در این آزمایش با گزارش Chai *et al*., (2010) مبنی بر افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در ریشه و شاخه گیاهچه‌های سورگوم تیمار شده با اسپرمین تحت شرایط تنش شوری مطابقت دارد.



شکل ۳- تأثیر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین و اسپرمین بر فعالیت آنزیم کاتالاز نخود

S و SP به‌ترتیب بیانگر اسپرمین و اسپرمیدین و ۰، ۱ و ۲ به‌ترتیب غلظت‌های ۰، ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار از تیمارهای اسپرمیدین یا اسپرمین می‌باشد.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری (p<۰/۰۵) با هم ندارند.

Fig. 3. Interaction of different concentrations of spermidine and spermine on catalase activity of chickpea
S and SP refer to spermine and spermidine, respectively; and 0, 1 and 2 are concentrations of 0, 0.25 and 0.50 mM of spermidine or spermine, respectively.
Means with at least one similar letter are not significantly different (p<0.05) using Duncan's Multiple Range Test.



شکل ۴- تأثیر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین و اسپرمین بر فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز نخود

S و SP به‌ترتیب بیانگر اسپرمین و اسپرمیدین و ۰، ۱ و ۲ به‌ترتیب غلظت‌های ۰، ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار از تیمارهای اسپرمیدین یا اسپرمین می‌باشد.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری (p<۰/۰۵) با هم ندارند.

Fig. 4. Effect of different concentrations of spermidine and spermine on guaiacol peroxidase activity of chickpea
S and SP refer to spermine and spermidine, respectively; and 0, 1 and 2 are concentrations of 0, 0.25 and 0.50 mM of spermidine or spermine, respectively.
Means with at least one similar letter are not significantly different (p<0.05) using Duncan's Multiple Range Test.

کاربرد اسپرمین تحت شرایط تنش شوری، به‌طور معنی‌داری فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز را در گیاه خیار افزایش داده است. از طرف دیگر کاربرد خارجی اسپرمین موجب سنتز متابولیت‌های آنتی‌اکسیدانی نیز گردیده است که نیروی فزآینده‌ای برای تحمل و نیز خنثی‌سازی اثرات مضر گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد (Shu *et al*., 2013).

کاربرد پوتریسین تأثیر مثبتی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نخود (از جمله سوپراکسید دیسموتاز) تحت تنش شوری داشته است (Sheokand *et al*., 2008). در یک مطالعه بیان گردید که محلول‌پاشی اسپرمیدین موجب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (سه تا پنج برابری) و سوپراکسید دیسموتاز در سیکلامن[1] شد (Farjadi Shakib *et al*., 2012). کاربرد ترکیبات پلی‌آمینی از طریق افزایش‌دادن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سبب حفاظت از گیاه در برابر تنش‌های مختلف محیطی و کاهش آثار سوء این تنش‌ها می‌شوند، به‌طوری‌که بیان شده است که افزایش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز درنتیجه کاربرد خارجی اسپرمیدین باعث حفاظت سلول‌ها در مقابل رادیکال‌های آزاد و انواع تنش‌ها می‌گردد (Willekens *et al*., 1997). ترکیبات پلی‌آمینی از طریق اتصال به آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (از جمله سوپراکسید دیسموتاز) و یا به مولکول‌های آنتی‌اکسیدانی کوچک سبب افزایش آن‌ها درون سلول می‌شوند (Sheokand *et al*., 2008).

اسپرمین و اسپرمیدین به‌طور معنی‌داری ارتفاع بوته نخود را تحت تأثیر قرار دادند، درحالی‌که اثر متقابل اسپرمین و اسپرمیدین تأثیری بر این شاخص نداشت (جدول ۴). محلول‌پاشی هر دو پلی‌آمین اسپرمین و اسپرمیدین در مقایسه با گیاهان شاهد (تحت تنش شوری) سبب افزایش ارتفاع گیاهان مواجه با تنش شوری شد (جدول ۵). بیشترین افزایش ارتفاع گیاه (۲۲/۹درصد و ۳۰/۶درصد) به‌ترتیب در اثر کاربرد غلظت‌های ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمین واسپرمیدین به‌دست آمد که منجر به بروز اختلاف معنی‌داری با شاهد شد. نتایج بیانگر وجود ارتباط مستقیم بین غلظت پلی‌آمین‌ها و ارتفاع گیاه نخود تحت شرایط تنش شوری می‌باشد.

گزارش‌های متعددی در مورد تأثیر مثبت ترکیبات پلی‌آمین در کاهش اثر سوء تنش شوری و به‌ویژه ممانعت از کاهش رشد گیاهان زراعی وجود دارد، به‌طوری‌که افزودن اسپرمین به‌همراه ۱۸۰میلی‌مولار کلرید سدیم به محلول غذایی موجب افزایش طول شاخه دانهال‌های سورگوم در مقایسه با اعمال تنش کلرید سدیم به تنهایی گردیده است (Chai *et al*., 2010). از دلایل احتمالی تنش شوری در کاهش رشد و ارتفاع گیاهان تحت تنش شوری می‌تواند این امر باشد که در مجموع تنش شوری به دو دلیل تأثیر اسمزی (خشکی فیزیولوژیکی) و یا سمیت یونی موجب کاهش رشد رویشی می‌شود. افزایش غلظت نمک‌ها در محیط ریشه موجب کاهش پتانسیل آب خاک و اثر اسمزی نمک در اطراف ریشه و در نتیجه کاهش جذب آب توسط گیاه و خشکی فیزیولوژیکی می‌شود. رشد گیاه در شرایط شوری مداوم، سرعت تقسیم و طویل‌شدن سلول‌ها را کاهش داده و در نتیجه، این تغییرات منجر به کاهش رشد خواهد شد (Munns & Tester, 2008). همچنین کلرید سدیم از طریق صدمه‌زدن به یکپارچگی غشاء، اندامک‌های سلولی و برهم‌زدن تعادل جذب یونی موجب مهار رشد و به‌دنبال آن کاهش ارتفاع گیاه می‌شود. از طرف دیگر بهبود رشد در گیاهان محلول‌پاشی‌شده با ترکیات پلی‌آمینی اسپرمین و اسپرمیدین می‌تواند به‌دلیل تنظیم عملکرد غشاء (Prakash & Prathapasenan, 1988)، افزایش تقسیم سلولی و بزرگ‌شدن سلول در نتیجه کاربرد اسپرمین و اسپرمیدین باشد. همچنین پلی‌آمین‌ها به‌عنوان یک منبع نیتروژنی عمل می‌کنند که منجر به تحریک رشد گیاه می‌شود (Youssef *et al*., 2004).

نتایج نشان داد که محلول‌پاشی اسپرمیدین به‌طور معنی‌داری تعداد شاخه و تعداد غلاف در هر بوته نخود را تحت تأثیر قرار داد، درحالی‌که اثر ساده اسپرمین و اثر متقابل اسپرمیدین و اسپرمین بر این شاخص‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج همچنین نشان داد که تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌داری بر وزن غلاف نداشتند. محلول‌پاشی اسپرمیدین با غلظت۰/۵۰میلی‌مولار سبب افزایش ۱/۵برابری تعداد شاخه نسبت به شاهد شد. متناسب با افزایش غلظت اسپرمیدین تعداد غلاف در هر بوته افزایش پیدا کرد. بیشترین میانگین تعداد غلاف درهر بوته در اثر محلول‌پاشی گیاهان تحت تنش با اسپرمیدین به غلظت ۰/۵۰میلی‌مولار به‌دست آمد که منجر به افزایش ۲۷درصدی در تعداد غلاف در مقایسه با شرایط شوری و عدم کاربرد اسپرمیدین شد. بین دو تیمار اسپرمیدین (۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

[1] *Cyclamen persicum* Miller

جدول ۴- تجزیه واریانس اثرات محلول‌پاشی اسپرمین و اسپرمیدین بر برخی صفات نخود تحت شرایط تنش شوری

Table 4. Analysis of variance the effects of foliar spray of spermine and spermidine on some attributes of chickpea under salt stress conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares						
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی در بوته Number of lateral branches per plant	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	وزن غلاف Pod weight	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	وزن۱۰۰دانه 100-seed weight	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	24.45^{ns}	0.25^{ns}	35.68^{ns}	0.12^{ns}	3.59^{ns}	10.91^{ns}	20227.12^{ns}
اسپرمین Spermine (S)	2	81.00*	0.48^{ns}	31.23^{ns}	6.18^{ns}	8.48^{ns}	34.14^{ns}	16718.77^{ns}
اسپرمیدین Spermidine (Sp)	2	110.30*	7.81**	66.67*	7.28^{ns}	7.81^{ns}	73.00*	190697.17*
اسپرمین× اسپرمیدین S× Sp	4	14.41^{ns}	1.37^{ns}	5.57^{ns}	3.6^{ns}	8.20^{ns}	6.09^{ns}	15280.25^{ns}
خطا Error	16	79.21	0.59	13.22	4.00	6.09	16.68	40743.80

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

ns, * and **: Non significant, significant at the 0.05 and 0.01 level, respectively

جدول ۵- تأثیر محلول‌پاشی اسپرمیدین و اسپرمین بر برخی خصوصیات نخود تحت تنش شوری

Table 5. Effect of foliar spraying of spermidine and spermine concentrations on some attributes of chickpea under salt stress

غلظت (میلی‌مولار) Concentration (mM)	پایداری غشاء (درصد) Membrane stability (%)		ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)		تعداد شاخه جانبی در هر بوته Number of lateral branches per plant	تعداد غلاف در هر بوته Number of pods per plant	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100-seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در متر مربع) Seed yield (Kg/m^2)
	اسپرمیدین Spermidine	اسپرمین Spermine	اسپرمیدین Spermidine	اسپرمین Spermine	اسپرمیدین Spermidine	اسپرمیدین Spermidine	اسپرمیدین Spermidine	اسپرمیدین Spermidine
0	43.7^{b}	44.6^{b}	22.9^{b}	24.2^{b}	3.2^{b}	19.9^{b}	35.2^{b}	0.182^{b}
0.25	46.6^{ab}	45.6^{b}	26.3^{ab}	25.0^{b}	3.3^{b}	22.7^{ab}	36.6^{b}	0.188^{b}
0.50	51.0^{a}	51.1^{a}	29.9^{a}	29.8^{a}	4.9^{a}	25.4^{a}	40.7^{a}	0.210^{a}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ($p<0/05$) با هم ندارند.

Means within each column with at least one similar letter are not significantly different ($p\leq0.05$) using Duncan’s Multiple Range Test.

کاهش تعداد شاخه در نخود تحت تأثیر تنش شوری (Zare Mehrjerdi *et al.*, 2011) نیز گزارش شده است. دلیل احتمالی کاهش تعداد شاخه جانبی نخود در اثر تنش می‌تواند این موضوع باشد که گیاه نخود در شرایط تنش به‌منظور کاهش سطح فتوسنتزی خود از گسترش اندام‌های رویشی می‌کاهد و انرژی مواد فتوسنتزی خود را جهت حفظ بقاء، متوجه رشد زایشی می‌نماید (Haghparast & Maleki Farahani, 2013). محلول‌پاشی پوتریسین و اسپرمیدین سبب افزایش معنی‌دار تعداد شاخه جانبی در ریحان[۱] تحت شرایط تنش شده است (Pazoki, 2017). در مطالعه دیگری به‌طور جالب‌توجهی بیان شد که کاربرد پوترسین در گیاهان برنج که تحت تنش شوری نبودند، تأثیر معنی‌داری بر افزایش تعداد شاخه‌ها نداشت، اما کاربرد همزمان پوترسین با کلرید سدیم موجب افزایش تعداد شاخه در گیاهان تنش‌دیده، در مقایسه با

[۱] *Ocimum basilicum* L.

گیاهان تحت شوری بدون کاربرد پوتریسین گردید (Prakash & Prathapasenan, 1988). یکی از اثرات منفی تنش شوری در برخی از گیاهان از جمله نخود، کاهش تعداد غلاف ذکر شده است. با بررسی اثر تنش شوری (۱، ۳، ۵، ۷ و ۹دسی‌زیمنس بر متر) بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود رقم آزاد گزارش شد که تنش شوری سبب کاهش تعداد غلاف بارور نخود گردید و با افزایش سطح تنش شوری از یک به ۹دسی زیمنس بر متر، کاهش ۳۳درصدی تعداد غلاف بارور نخود مشاهد شد (Doraki *et al.*, 2017). کاهش جذب عناصر غذایی توسط ریشه گیاهان تحت شرایط تنش شوری و به‌دنبال آن کاهش میزان تولید کربوهیدرات‌ها و همچنین کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی موجب ریزش اندام‌های زایشی و به‌ویژه غلاف‌های جوان شد که درنهایت سبب کاهش تعداد غلاف در بوته گردید (Tajali *et al.*, 2011). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مبنی بر کاهش رشد (ارتفاع بوته) و کاهش تعداد شاخه جانبی در هر بوته در گیاهان بدون محلول‌پاشی (جدول ۴)، کاهش تعداد غلاف در این گیاهان را می‌توان مرتبط با اثر سوء شوری بر میزان رشد بوته و کاهش تعداد شاخه جانبی دانست. این در حالی است که محلول‌پاشی اسپرمیدین از طریق کاهش اثرات بازدارنده تنش شوری، سبب حفظ رشد گیاه شد و با تشکیل تعداد شاخه جانبی بیشتر موجب افزایش تعداد غلاف در هر بوته گیاه نسبت به گیاهان بدون محلول‌پاشی گردید.

براساس نتایج، کاربرد اسپرمیدین بر وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشت، درحالی‌که تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار نگرفت (جدول ۴). هرچند با افزایش غلظت اسپرمیدین روند افزایشی در وزن۱۰۰دانه مشاهده شد، ولی تنها کاربرد ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین از نظر آماری سبب افزایش معنی‌دار وزن۱۰۰دانه نسبت به شاهد شد. درحالی‌که محلول‌پاشی اسپرمیدین در هر دو سطح ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار منجر به افزایش عملکرد دانه نخود در گیاهان تنش دیده گردید (جدول ۵). بیشترین میانگین عملکرد دانه در اثر محلول‌پاشی اسپرمیدین با غلظت ۰/۵۰میلی‌مولار حاصل شد که نسبت به کاربرد تیمارهای ۰/۲۵میلی‌مولار اسپرمیدین و شاهد (تنش شوری) به‌ترتیب موجب افزایش ۱۲ و ۱۵درصدی در میانگین عملکرد دانه نخود گردید (جدول ۳). گزارش‌های فراوانی در مورد کاهش وزن۱۰۰دانه و ۱۰۰۰دانه گیاهان مختلف زراعی از جمله نخود (Doraki *et al.*, 2017)، کلزا[1] (Cherati *et al.*, 2012) و برنج (Mortazainezhad *et al.*, 2006) تحت تأثیر تنش شوری وجود دارد. نتایج ما با نتایج گزارش‌شده مبنی بر نقش مثبت پلی‌آمین‌ها در افزایش وزن۱۰۰۰دانه برنج در گیاهان تحت تنش شوری (Prakash & Prathapasenan, 1988) همخوانی دارد. با توجه به نقش حفاظتی پلی‌آمین‌ها در ممانعت از کاهش کلروفیل (Saleethong *et al.*, 2011)، نقش این ترکیبات در افزایش کلروفیل و کارآیی فتوسنتز در گیاهان تحت تنش‌های محیطی (Yiu *et al.*, 2009; Shu *et al.*, 2013) و همچنین جذب بهتر مواد غذایی، این احتمال وجود دارد که کاربرد پلی‌آمین‌ها از طریق بهبود فتوسنتز گیاه تحت تنش شوری، موجب بهبود رشد و گلدهی و در نهایت سبب حفظ کیفیت بذر و افزایش وزن۱۰۰دانه شده باشد. تنش شوری موجب کاهش معنی‌داری عملکرد دانه در برخی ارقام آفتابگردان (Saffari *et al.*, 2012)، نیشکر[2] (Wiedenfeld, 2008) و ارقام پاییزه کلزا (Tajali *et al.*, 2011) شده است. در این پژوهش محلول‌پاشی اسپرمیدین سبب حفظ عملکرد دانه نخود تحت شرایط تنش شوری گردید. این نقش مثبت پلی‌آمین‌ها در گیاهان مختلف از جمله گندم (Emadi *et al.*, 2013) نیز گزارش شده است. افزایش عملکرد ایجادشده از کاربرد پلی‌آمین‌ها می‌تواند به‌دلیل اتصال پلی‌آمین‌ها به مولکول های غیریونی از جمله DNA، RNA و پروتئین‌های مرتبطی باشد که در بسیاری از فرآیندهای درون گیاه نظیر تقسیم و بزرگ‌شدن سلول دخالت دارند (Mohammadi *et al.*, 2017). همچنین بهبود عملکرد گیاهان تحت شرایط تنش درنتیجه تیمار پلی‌آمینی ممکن است به‌دلیل افزایش درون‌زای غلظت پلی‌آمین‌ها باشد که برای نمو نرمال ساختارهای زایشی ضروری می‌باشند (Prakash & Prathapasenan, 1988). از آنجایی که کاربرد پلی‌آمین‌ها از طریق افزایش کلروفیل و کارآیی فتوسنتزی موجب بهبود رشد در بسیاری از گیاهان تحت شرایط تنش‌های محیطی می‌شود (Yiu *et al.*, 2009; Shu *et al.*, 2013)، از این‌رو نقش ترکیبات پلی‌آمینی در حفاظت از کلروفیل را می‌توان به‌عنوان یکی دیگر از دلایل احتمالی تأثیر مثبت پلی‌آمین‌ها در جلوگیری از کاهش عملکرد گیاهان تحت تنش شوری اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد محلول‌پاشی پلی‌آمین‌های اسپرمین و اسپرمیدین در سه مرحله چهاربرگی، گلدهی و پُرشدن غلاف‌ها می‌تواند اثر سوء تنش شوری بر

[1] *Brassica napus* L.

[2] *Saccharum officinarum*

عملکرد و اجزای عملکرد نخود زراعی را کاهش دهـد. برخـی از صفات نخود تحت تـنش شـوری از جملـه محتـوای نسـبی آب برگ، شاخص پایداری غشـاء و فعالیـت آنـزیم‌هـای پلـی‌فنـول اکسیداز، کاتالاز و گایاکول پراکسیداز، ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد غلاف در هر بوته، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی قرار گرفت. به‌طور کلی تأثیر کاربرد اسپرمیدین در مقایسه با اسپرمین و همچنین غلظت ۰/۵۰میلی‌مولار نسبت به ۰/۲۵میلی‌مولار در کاهش اثر سوء تنش شوری بیشتر بود.

منابع

1. Alcázar, R., Marco, F., Cuevas, J.C., Patrón, M., Ferrando, A., Carrasco, P., Tiburcio, A.F., and Altabella, T. 2006. Involvement of polyamines in plant response to abiotic stress. Biotechnology Letters 28(23): 1867-1876.
2. Asha Dhingra, H.R. 2007. Salinity mediated changes in yield and nutritive value of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. Indian Journal of Plant Physiology 12(3): 271-275.
3. Bouchereau, A., Aziz, A., Larher, F., and Martin-Tanguy, J. 1999. Polyamines and environmental challenges: recent development. Plant Science 140(2): 103-125.
4. Chai, Y.Y., Jiang, C.D., Shi, L., Shi, T.S., and Gu, W.B. 2010. Effects of exogenous spermine on sweet sorghum during germination under salinity. Biologia Plantarum 54(1): 145-148.
5. Chance, B., and Maehly, A.C. 1955. Assay of catalases and peroxides. Methods Enzymology 11(2): 764-755.
6. Cherati, A., Abbaszadeh, F., Rameeh, V., and Rezaei Sokht Abandani, R. 2012. Effect of salinity stress (NaCl, $CaCl_2$) on yield and yield components of spring rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Water and Soil 26(3): 762-774. (In Persian with English Summary).
7. Chinnusamy, V., Jagendorf, A., and Zhu, J.K.2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. Crop Science 45(2): 437-448.
8. Doraki, Gh.R. Zamani, Gh.R., and Sayyari, M.H. 2017. Effect of salt stress on yield and yield traits of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Azad). Iranian Journal of Pulses Research 9(1), 10.22067/ijpr.v9i1.53816. (In Persian with English summary).
9. Doraki, Gh.R. Zamani, Gh.R., and Sayyari, M.H. 2016. Effect of salt stress on physiological traits and antioxidant enzymes activity of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Azad). Iranian Journal of Field Crops Research 14(3): 470-483. (In Persian with English Summary).
10. Dua, R.P. 1992. Differential response of chickpea genotypes to salinity. Journal of Agricultural Science 119(3): 367-371.
11. Duan, J., Li, J., Guo, S., and Kang, Y. 2008. Exogenous spermidine affects polyamine metabolism in salinity-stressed *Cucumis sativus* roots and enhances short-term salinity tolerance. Journal of Plant Physiology 165(15): 1620-1635.
12. Emadi, M.S. Hasibi, P., and Azimi, A. 2013. Effect of foliar application of putrescine and nutrient elements on grain yield and quality of two bread wheat cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 15(3): 247-261. (In Persian with English Summary).
13. FAO. 2014. FAOSTAT Agricultural Statistics Database. Available at Web sitehttp://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E (verified 1 November 2017).
14. Farjadi Shakib, M., Naderi, R., and Mashhadi Akbar Boujar, M. 2012. Effects of spermidine spray on morphological, physiological and biochemical characteristics of *Cyclamen persicum* Miller. Journal of Plant Ecophysiology 5(13): 96-113. (In Persian with English Summary).
15. Ganjeali, A., Ardalan, H., Lahouti, M., and Beyk Khormizi, A. 2015. Effect of seed priming on some morpho-physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seedlings under salinity stress. Greenhouse Culture 5(4): 51-61. (In Persian with English Summary).
16. Gupta, B., and Huang, B. 2014. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological biochemical and molecular characterization. International Journal of Genomics pp.18. Available at Web site http://dx.doi.org/10.1155/2014/701596(verified 1 November 2017).
17. Haghparast, M., and Maleki Farahani, S. 2013. Effect of water deficit irrigation and natural products on vegetative characteristics of different chickpea (*Cicer arietinum*) varieties. Iranian Journal of Pulses Research 4(2): 77-86.
18. Kar, M., and Mishra, D. 1976. Catalase peroxidase and polyphenol oxidase activities during rice leaf senescence. Plant Physiology 57(2): 315-319.
19. Liu, J.H., Honda, C., and Moriguchi, T. 2006. Involvement of polyamines in floral and fruit development. Japan Agricultural Research Quarterly 40(1): 51-58.

20. Majnoon Hosseni, N. 2008. Agriculture and Production of Pulses (Pulses in Iran). Tehran University Press, 294 pages. (In Persian)
21. Malhotra, R.S., and Sexana, M.C. 2002. Strategies for overcoming drought stress in chickpea. ICARDA Caravan 17: 20-23.
22. Mohammadi, H., Davarinejad, Gh., and Khezri, M. 2017. Effect of spray application of calcium compounds combined with free polyamines at different growth stages on physiological problems and yield of ‘Ahmad-Aghaii’ pistachio (*Pistachio vera* L.). Journal of Horticulture Science 30(4): 733-742. (In Persian with English Summary).
23. Morgan, J.M. 1992. Osmotic components and properties associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat. Functional Plant Biology 19(1): 67-76.
24. Mortazainezhad, F., and Emami, M. 2006. Study of some parameters of yield and proline in rice plants under NaCl salinity stress. Agroecology Journal 2(3): 93-98. (In Persian with English Summary).
25. Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59: 651-681.
26. Nahar, K., Hasanuzzaman, M., Rahman, A., Alam, M., Mahmud, J.A., Suzuki, T., and Fujita, M. 2016. Polyamines confer salt tolerance in mung bean (*Vigna radiata* L.) by reducing sodium uptake, improving nutrient homeostasis, antioxidant defense, and methylglyoxal detoxification systems. Frontiers in Plant Science 7: 1104.
27. Niakan, M., Sadeghi, S., and Ghorbani, M. 2011. Effect of spermidine and salinity stress on germination, growth parameters, osmoregulation, Na^+ and Cl^- content in wheat seedling. Journal of Plant Science Researches. Serial 21, 6th year, Number 1, 78-89. (In Persian with English Summary).
28. Pazoki, A.R. 2017. Effect of polyamines foliar application on morphological traits, protein and extract contents of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought stress conditions. Journal of Crop Production Research 9(1): 71-94. (In Persian with English Summary).
29. Pouresmael, M., Rastegar, J., and Zangiabadi, M. 2014. Genetic variation for salinity tolerance and its association with biomass production in cultivated chickpea genotypes. Journal of Crops Improvements 16(3): 749-763. (In Persian with English Summary).
30. Prakash, L., and Prathapasenan, G. 1988. Effect of NaCl salinity and putrescine on shoot growth tissue ion concentration and yield of rice (*Oryza sativa* L. var. GR-3). Journal of Agronomy and Crop Science 160(5): 325-334.
31. Rasoolnia, A., Bihamta, M.R., Peyghambari, A., Alizade, H., Takallo, S., and Kamalizade, M. 2012. Evaluation of leaf proteome and antioxidant activity of barley under salinity stress. Iranian Journal of Field Crop Science 43(2): 231-241. (In Persian with English Summary).
32. Rhodes, D., Nadolska-Orczyk, A., and Rich, P.J. 2004. Salinity Osmolytes and Compatible Solutes. In: A. Lauchliand and U. Luttge (Eds.). Salinity: Environment-Plants-Molecules Netherlands Springer Verlag, p. 181-204.
33. Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., and Holaday, A.S. 1990. Leaf water content and gas exchanges parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30(1): 105-111.
34. Saffari, R., Maghsoodi Mood, A., and Saffari, V.R. 2012. Effect of salt stress on chlorophyll fluorescence and grain yield of some sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. Seed and Plant Production 29(1): 109-130. (In Persian with English Summary).
35. Saleethong, P., Sanitchon, J., Kong-Ngern, K., and Theerakulpisut, P. 2011. Pretreatment with spermidine reverses inhibitory effects of salt stress in two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity tolerance. Asian Journal of Plant Science 168(4): 317-328.
36. Sairam, R.K., Rao, K.V., and Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science 163(5): 1037-1046.
37. Sheokand, S., Kumari, A., and Sawhney, V. 2008. Effect of nitric oxide and putrescine on antioxidative responses under NaCl stress in chickpea plants. Physiology and Molecular Biology of Plants 14(4): 355-362.
38. Shu, S., Yuan, L.Y., Guo, S.R., Sun, J., and Yuan, Y.H. 2013. Effects of exogenous spermine on chlorophyll fluorescence antioxidant system and ultrastructure of chloroplasts in *Cucumis sativus* L. under salt stress. Plant Physiology and Biochemistry 63: 209-216. Available at Web sitehttps://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23291654 (verified 1 November 2017).
39. Tajali, T. Bagheri, A.R., and Hosseini, M. 2011. Effect of salinity on yield and yield components of five canola cultivar. Journal of Plant Ecology 3(9): 77-90. (In Persian with English Summary).
40. Tuba Bicer, B., Narin Kalender, A., and Akar, D.A. 2004. The effect of irrigation on spring-sown Chickpea. Journal of Agronomy 3: 154-158.

41. Varshney, R.K., Song, C., Saxena, R.K., Azam, S., Yu, S., Sharpe, A.G., and Millan, T. 2013. Draft genome sequence of chickpea (*Cicer arietinum*) provides a resource for trait improvement. Nature Biotechnology 31(3): 240-246.
42. Vaziri Kateshori, S., Daneshvar, M.A., Sohrabi, A., and Nazariyan Firozabadi, F. 2013. Effects of foliar application of P, Zn, and Fe on grain yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Crops Improvement 15(2): 17-30. (In Persian with English Summary).
43. Welfare, K., Yeo, A.R., and Flowers, T.J. 2002. Effects of salinity and ozone individually and in combination on the growth and ion contents of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. Environmental Pollution 120(2): 397-403.
44. Wiedenfeld, B. 2008. Effects of irrigation water salinity and electrostatic water treatment for sugarcane production. Agricultural Water Management 95(1): 85-88.
45. Willekens, H., Chamnongpol, S., Davey, M., Schrauder, M., Langebartels, C., van Montagu, M., Inzea dn, D., and van Camp, W. 1997. Catalase is a sink for H_2O_2 and is indispensable for stress defense in C_3 plants. The EMBO Journal 16(16): 4806-4816.
46. Yiu, J.C., Juang, L.D., Fang, D.Y.T., Liu, C.W., and Wu, S.J. 2009. Exogenous putrescine reduces flooding-induced oxidative damage by increasing the antioxidant properties of welsh onion. Scientia Horticulturae 120(3): 306-314.
47. Youssef, A.A., Mahgoub, M.H., and Talaat, I.M. 2004. Physiological and biochemical aspects of *Matthiola incana*plants under the effect of putrescine and kinetin treatments. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences 19(9): 492-510.
48. Zafaranieh, M. 2015. Evaluating yield and phonological and morphological characteristics of chickpea genotypes in autumn cultivation under complementary irrigation regime and winter sowing in Mashhad. Journal of Crops Improvement (Journal of Agriculture) 17(1): 271-282. (In Persian with English Summary).
49. Zare Mehrjerdi, M., Nabati, J., Massomi, A., Bagheri, A.R., and Kafi, M. 2011. Evaluation of tolerance to salinity based on root and shoot growth of 11 drought tolerant and sensitive chickpea genotypes at hydroponics conditions. Iranian Journal of Pulses Research 2(2): 83-96. (In Persian with English Summary).
50. Zhu, J.K. 2007. Plant Salt Stress. John Wiley and Sons Ltd.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 163-177 (Research Article)

Effect of foliar spray of Spermine and Spermidine on growth and some physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L) under salt stress

Ashori[1*], A., Gholipoor[2], M. & Heidari[2], M.

1. MSc. Student, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
2. Associate Professor, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, (manouchehr.gholipoor@gmail.com; haydari2005@gmail.com, respectively)

Received: 24 December 2017
Accepted: 14 May 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.69340

Introduction

Chickpea is one of the most important legumes in Iran. Despite the abundance of cultivated lands in Iran by chickpea, yield per hectare is considerably lower than world average. Environment conditions of chickpea cultivation in infertile, arid and semiarid regions limit the yield production in Iran. Salt stress, resulted from salts accumulation in soil solution is one the limiting factors for chickpea cultivation in arid and semiarid areas. Chickpea is a salt sensitive plant and yield loss is one of the most potential impacts of salinity on chickpea. Polyamines are low molecular weight polycationic molecules, which play important roles in a number of plant physiological processes, including resistance to various stresses. Recently, the role of polyamines, unique polycationic metabolite, was proved as a regulator of growth and plant membrane transport. They also act as a source of reactive oxygen species (ROS) and ROS scavenger and activator of key antioxidant enzymes. Moreover, they are involved in plant stress tolerance. The present study was conducted to investigate the ameliorating effect of spermine and spermidine spraying on yield and yield components of salt treated chickpea plants.

Materials & Methods

The experiment was performed as factorial based on a randomized complete block design with three replications in research farm of Khartooran Shahrood (salinity 5.7 dS m^{-1}). Spermine was sprayed at three levels (0 (control), 0.25 and 0.50 mM) and spermidine also at three levels (0 (control), 0.25 and 0.50 mM) in three stages including four-leaf, flowering and pod-filling stages. Some attributes such as relative water content, membrane stability index and activity of catalase, polyphenol oxidase and guaiacol peroxidase enzymes, plant height, number of branches per plant, number of pods per plant, number of seeds per pod and seed yield were measured.

Results & Discussion

The results showed that foliar spray of spermine at the concentration of 0.50 mM increased membrane stability index (15%) and plant height (23%) in comparison with the unsprayed plants. Moreover, foliar spray of spermidine at the concentration of 0.50 mM significantly increased membrane stability index (17%), plant height (31%), number of branches (52%), number of pods per plant (27%), 100- seed weight (16%) and seed yield (15%), when compared to unsprayed plants. Sodium chloride treatment disturbs membrane integrity and leads to ionic imbalances in plants. On the other hand, polyamines as one of the most important growth regulators, play key roles in regulating membrane functions by attachment to anionic sites or to the negatively charged phospholipid head groups on membranes. Their exogenous consumption probably not only reduces absorption of hazardous ions such as Na^+ and Cl^-, disturbing normal functions of plant cells and reducing growth, but also protect membranes against the stress injuries caused by salt stress. Furthermore, polyamines are able to reverse the inhibitory effect of salinity stress on plant growth by increasing cell division and cell size. Salt stress declines nutrients transportation to growing shoots and also reduces chlorophyll contents which both leads to growth reduction in plants, while polyamines not only accumulate in thylakoid membranes and increase their integrity under stress but also leads to chlorophyll maintenance

*** Corresponding Author:** aliashori1476@gmail.com

and by increasing cell division in root tips elevates nutrient absorption and help plants to keep normal growth. Nutrient and carbohydrate deficiency under saline stress is one of probable reasons for abscission of flowers and branch reduction leading to yield reduction which all can be reversed by exogenous polyamine application. Concerning relative water content (RWC) and enzymes activity, interaction of spermine and spermidine had significant effects on RWC and activity of polyphenol oxidase, catalase and guaiacol peroxidase enzymes. ROS scavenging will reduce their major impact on damages to the biomolecules such as membrane lipids, proteins, chloroplast pigments, enzymes and nucleic acids. Polyamines can act as osmoprotectants to increase water absorption under deficit water condition. They also act as ROS scavenger and activator of key ROS scavenging enzymes.

Conclusion

In general, foliar spraying with spermidine was more effective than spermine in mitigating the deleterious effects of salt stress and maintaining the different characteristics of chickpea. Furthermore, application of the concentration of 0.50 mM of both polyamines was more effective than 0.25 mM.

Keywords: Catalase, Membrane stability, Polyamines, Polyphenol oxidase